

Optimasi Mesin Sortasi Biji Kopi Tipe Meja Konveyor untuk Meningkatkan Kinerja Sortasi Manual

Optimisation of a Table Conveyor Type Grading Machine to Increase the Performance of Green Coffee Manual Sortation

Sukrisno Widyotomo¹⁾, Sri-Mulato¹⁾ dan Edi Suharyanto¹⁾

Ringkasan

Konsumen kopi, baik dari dalam maupun luar negeri menghendaki kopi dengan mutu prima. Penilaian mutu kopi ekspor Indonesia saat ini masih didasarkan pada sistem nilai cacat, yaitu didasarkan pada kondisi fisik biji. Cacat biji kopi yang penting adalah biji hitam, biji cokelat, biji pecah, dan biji berlubang. Kegiatan sortasi biji kopi berdasarkan nilai cacat fisik umumnya masih dilakukan secara manual dengan menggunakan meja sortasi yang terbuat dari kayu. Kontribusi biaya sortasi mencapai nilai 40% dari total biaya pengolahan. Untuk perbaikan sistem sortasi melalui mesin sortasi merupakan alternatif untuk menekan biaya sortasi, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia telah merancang dan menguji-coba sebuah mesin sortasi biji kopi tipe meja konveyor. Sabuk karet konveyor memiliki ukuran panjang, lebar dan tebal masing-masing 5700 mm, 610 mm dan 6 mm dan digerakkan oleh sebuah motor listrik berdaya 3 HP, 3 fase dan 1420 rpm. Tenaga sortasi sebanyak dua orang duduk di salah satu sisi mesin dan bertugas memisahkan biji kopi cacat dari biji kopi bermutu baik. Hasil uji coba menunjukkan bahwa kondisi optimal operasional mesin tersebut diperoleh pada kecepatan putar sabuk karet konveyor 16 rpm, dan kerapatan massa bahan per satuan luas 3 kg/m² dengan kapasitas kerja 390 kg/jam. Produktivitas kerja sortasi manual meningkat dari 743 kg/hari orang kerja menjadi 1.870 kg/hari orang kerja. Persentase hasil sortasi yang diperoleh dari corong 1 pada kondisi operasional tersebut adalah biji pecah, biji cokelat, biji berlubang satu dan biji berlubang lebih dari satu masing-masing 4,2%; 0,26%; 0,68%; dan 0,61%, sedangkan persentase hasil sortasi yang diperoleh dari corong 2 adalah persentase biji pecah, biji cokelat, biji hitam, biji berlubang satu, dan biji berlubang lebih dari satu, masing-masing sebesar 39,54%; 4,23%; 7,19%; 4,47% dan 4,43%. Hasil analisis ekonomi awal menunjukkan bahwa biaya yang dibutuhkan untuk kegiatan sortasi sebesar Rp20,- per kilogram kopi Robusta.

Summary

Coffee consumers request a good quality of green coffee to get a good coffee cup taste. Defective beans e.g. black bean, brown bean and broken bean are associated to low coffee quality which give negative effects to final taste.

1) Peneliti, Ahli Peneliti dan Teknisi (*Researcher, Senior Researcher and Technician*); Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. P.B. Sudirman 90, Jember 68118, Indonesia.

To meet the standard export requirement, coffee beans have to be graded before being traded. Until now, grading process is generally carried out manually. The method gives better product, so the grading cost is very expensive about 40% of total processing cost. Meanwhile, shortage of skill workers is a limiting factor of the process. Therefore, improving the manual sorting by providing machine for grading of green coffee is good alternative to reduce the grading cost. Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute has designed a table conveyor type grading machine in order to improve the performance of the manual grading productivity and consistent quality and to reduce the grading cost. The conveyor belt has a dimension of 5700 mm of length, 610 mm of width and 6 mm of thickness. The rotating of belt conveyor powered by an electro motor 3 HP, 3 phase and 1420 rpm. The result showed that the optimum capacity of grading machine was 390 kg/hour reached when the speed 16 rpm and 3 kg/m² of green beans on belt conveyor with productivity 1870 kg/man-day compared to the productivity full manually process 743 kg/man-day. Percentage of product in outlet 1 was 4.2% as broken beans, 0.26% as brown beans, 0.68% as one hole in beans and 0.61% as more than one hole in beans. Percentage of product in outlet 2 was 39.54% as broken beans, 4.23% as brown beans 7.19% as black beans, 4.47% as one hole in beans and 4.43% as more than one hole in beans. Cost of grading process per kg of green coffee is Rp20,-.

Key words : Coffee, Grading, Conveyor table, Quality.

PENDAHULUAN

Konsumen kopi menghendaki kopi dengan mutu yang prima, sehingga diperlukan kegiatan sortasi atau pemilahan biji kopi cacat terhadap biji kopi yang sehat. Menurut Henderson & Perry (1976), secara umum karakter mutu produk pertanian dapat dinilai dari warna, rupa dan keseragaman ukuran. Penilaian mutu kopi ekspor Indonesia saat ini masih didasarkan pada sistem nilai cacat, yaitu didasarkan pada kondisi fisik biji (Yusianto, 1999; Ismayadi, 1998). Penilaian biji kopi berdasarkan sifat fisik sesuai SNI kopi nomor 01-2907-2004 memang tidak sepenuhnya dapat menjamin mutu seduhan, tetapi dapat mengantisipasi sebagian besar penyebab cacat cita rasa seduhan kopi, sebab kondisi fisik mencerminkan kandungan kimia yang menentukan mutu seduhan. Cacat biji kopi yang penting adalah biji hitam, biji

cokelat, biji pecah, dan biji berlubang (BSN, 2004). Sebaran cacat mutu kopi Indonesia umumnya adalah 13,48% biji berlubang karena hama bubuk buah; 36,94% biji hitam karena petik muda; 7,85% biji pecah karena proses pengupasan kulit kering kurang tepat, serta 3,83% berupa gelondong kering, batu, dan benda asing lainnya (Yusianto & Sri-Mulato, 2002).

Proses sortasi biji kopi berdasarkan fisiknya (*defect system*) dibedakan menjadi dua, yaitu sortasi manual dan sortasi mekanis. Sortasi biji kopi secara manual dilakukan dengan menggunakan tangan pekerja untuk proses klasifikasi, sedangkan sortasi mekanis menggunakan bantuan mesin (Akamine *et al.*, 1975). Kegiatan klasifikasi mutu kopi berdasarkan nilai cacat fisik di perkebunan besar masih dilakukan secara manual, yaitu biji dipilah satu per satu di atas meja sortasi

yang terbuat dari kayu, dan karena kegiatan tersebut membutuhkan tenaga kerja yang relatif banyak, maka diperlukan pengawasan kerja yang lebih ketat agar target produksi per hari dapat terpenuhi. Sortasi manual memberikan kontribusi sebesar 40% dari total biaya pengolahan (Widyotomo *et al.*, 1998; Sri-Mulato *et al.*, 1995).

Sortasi biji kopi berdasarkan ukuran biasanya dilakukan dengan menggunakan bantuan mesin pengayak jenis silinder tunggal berputar, meja getar atau *catador*, sedangkan sortasi biji kopi berdasarkan perbedaan warna dan rupa dapat dilakukan dengan bantuan mesin sortasi elektronik (sortek) (Widyotomo *et al.*, 1998; Yahmadi, 1998). Industri kopi bubuk skala besar umumnya didukung oleh manajemen, modal, dan sumber daya manusia yang memadai sehingga industri tersebut mampu membeli peralatan pengolahan impor dengan teknologi tinggi (Sri-Mulato, 2002). Kendala di lapangan adalah bahwa secara teknis mesin sortek tidak dapat memisahkan biji berwarna coklat dari biji kopi mutu baik, sebagaimana halnya pemisahan yang dapat dilakukan antara biji kopi bermutu baik dengan biji pecah, biji hitam, biji berlubang, biji bertutul, biji berjamur dan lainnya, sehingga pemilahan biji kopi berwarna coklat tetap harus dilakukan secara manual (Yahmadi, 1998).

Untuk itu Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia telah merekayasa mesin sortasi tipe meja konveyor yang sesuai dan terjangkau oleh pengusaha kecil, baik secara teknologi maupun harga. Biji kopi akan terhampar di atas sabuk karet berjalan (*conveyor*), dan pekerja memilah biji kopi bermutu fisik baik dari biji kopi cacat secara

manual. Pada kondisi demikian konsentrasi pekerja akan tercurah secara maksimal untuk kegiatan pemilahan agar diperoleh produktivitas kerja dengan mutu fisik biji kopi yang maksimal. Mesin ini secara operasional akan berfungsi sebagai sarana pasca sortasi biji kopi berdasarkan ukurannya yang diharapkan dapat meningkatkan produktivitas kerja sortasi manual, memperbaiki mutu, dan menurunkan biaya sortasi secara keseluruhan. Mesin ini diharapkan merupakan salah satu alternatif penyediaan sarana pengolahan kopi yang tepat untuk pengembangan industri kopi Robusta skala kecil dan menengah di pedesaan.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Hasil dan Rekayasa Alat dan Mesin Pengolahan Kopi dan Kakao, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember, Jawa Timur, pada bulan Juni sampai dengan Agustus 2005.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kopi Robusta hasil pengolahan kering. Biji kopi tersebut diperoleh dari Kebun Percobaan Sumber Asin yang berlokasi di Malang, Jawa Timur dengan ketinggian tempat 500-600 m dpl dan tipe iklim C-D menurut (Schmith & Ferguson). Biji kopi beras berasal dari satu periode panen yang sama sehingga memiliki sifat yang mendekati seragam dengan kadar air awal 10%.

Alat utama yang digunakan adalah satu unit mesin sortasi biji kopi berdasarkan mutu fisik tipe meja konveyor beserta perlengkapannya. Meja sortasi yang dibuat dari kayu untuk 2 orang tenaga sortasi manual. Peralatan yang digunakan adalah alat ukur kadar air (*moisture tester*), alat ukur putaran (*tachometer*), *stopwatch* dan beberapa peralatan bantu lainnya seperti timbangan analitik, timbangan kasar, oven dan lain-lain.

Deskripsi Mesin Sortasi

Mesin sortasi biji kopi berdasarkan mutu fisik tipe meja konveyor memiliki beberapa bagian penting, yaitu sabuk karet yang berfungsi sebagai meja sortasi, wadah bahan (*hopper*), rangka, tenaga penggerak dan sistem transmisi.

Biji kopi yang akan disortasi terhampar di atas sabuk karet yang sekaligus berfungsi sebagai meja sortasi. Sabuk karet berwarna hitam dan memiliki ukuran dimensi panjang, lebar dan tebal masing-masing 5700 mm, 610 mm, dan 6 mm. Tebal hamparan biji kopi di atas sabuk karet atau kerapatan biji kopi per satuan luas dapat di atur dengan cara memutar ulir pengatur keluaran biji kopi yang terletak di bawah wadah bahan (*hopper*). Mesin sortasi dilengkapi dengan wadah penampung hasil sortasi di bagian samping yang berfungsi untuk menampung biji cacat dan benda asing (corong 2), sedangkan pada bagian ujung konveyor diletakkan wadah penampung yang berfungsi menampung biji kopi pascasortasi (corong 1).

Wadah bahan dibuat dari bahan aluminium tebal 2 mm dan rangka *hopper* dibuat dari besi siku 40 x 4 mm. Wadah



Gambar 1. Mesin sortasi biji kopi tipe meja konveyor.

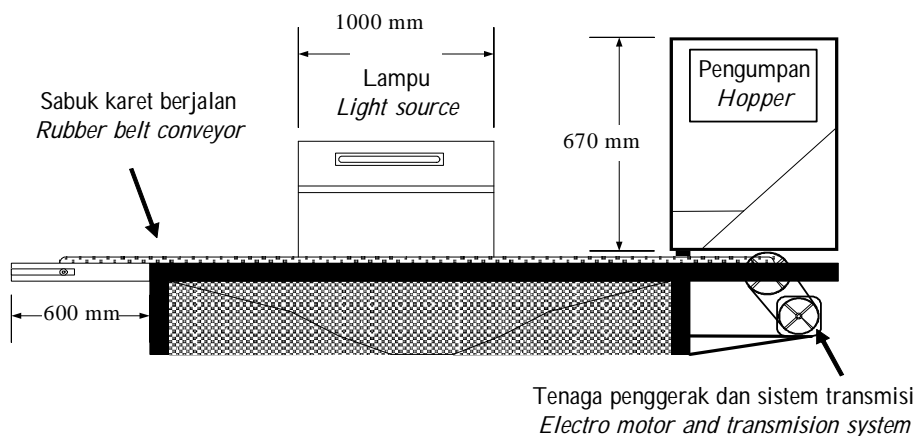
Figure 1. A table conveyor type grading machine for coffee beans.

bahan memiliki ukuran dimensi panjang, lebar dan tinggi masing-masing 600 mm, 500 mm, dan 670 mm, dengan kapasitas tampung maksimum 25 kg biji kopi Robusta dengan kadar air 9–10%. Beberapa komponen tambahan adalah *bucket elevator* yang memiliki ukuran dimensi panjang, lebar dan tinggi masing-masing 310 mm, 130 mm dan 2000 mm. Sabuk *bucket elevator* digerakkan dengan motor listrik berdaya 1 HP, 1 fase, 220/110 V dan kecepatan putar 1430 rpm. Fungsi dari elevator tersebut adalah untuk memudahkan pengumpanan biji kopi dari wadah bahan yang terletak di bagian bawah *bucket elevator* ke corong pengumpan (*hopper*) yang terletak di atas sabuk karet konveyor. Wadah bahan yang terletak di atas sabuk karet konveyor ini dilengkapi dengan bukaan pintu (*feeding rate*) untuk mengatur

kerapatan biji kopi yang akan disortasi.

Rangka mesin dibuat dari besi profil U, lebar 100 mm dan tebal 10 mm, dengan ukuran dimensi panjang, lebar dan tinggi masing-masing 3100 mm, 1000 mm dan 1450 mm.

Sumber tenaga yang digunakan untuk menggerakkan sabuk karet agar berputar secara kontinu adalah motor listrik berdaya 3 HP, 3 fase dan 1420 rpm. Putaran poros tenaga penggerak terlebih dahulu direduksi dengan menggunakan sistem roda gigi (*gear-box*) rasio 1 : 20 tipe 80 sebelum diteruskan ke poros silinder pemutar yang memiliki ukuran diameter 170 mm dan panjang 650 mm. Sistem penerusan daya dari sumber tenaga penggerak ke *gear-box* maupun dari *gear-box* ke poros silinder pemutar menggunakan sistem transmisi *pulley* dan



Gambar 2. Sketsa mesin sortasi biji kopi tipe konveyor.

Figure 2. Perspective of a table conveyor type grading machine for coffee beans.

sabuk karet V.

Hasil klasifikasi biji dengan meja konveyor dibagi menjadi dua corong keluaran, yaitu :

1. Corong 1 adalah keluaran berupa biji kopi hasil sortasi yang masih tercampur biji kopi cacat atau benda asing.
2. Corong 2 adalah keluaran berupa biji kopi cacat, dan benda asing.

Pelaksanaan Penelitian

Perlakuan

Kinerja mesin dievaluasi dalam empat level massa biji kopi Robusta yang terhampar di atas sabuk karet konveyor per satuan luas yaitu 0,35 kg/m²; 1,5 kg/m²; 2,5 kg/m²; dan 3 kg/m², dan masing-masing dikenakan dengan tiga level kecepatan putar sabuk karet konveyor yaitu 12 rpm, 16 rpm, dan 25 rpm. Wadah pengumpan yang terletak di atas sabuk karet konveyor dilengkapi dengan bukaan pintu (*feeding rate*) untuk mengatur kerapatan biji kopi yang akan disortasi. Putaran *pulley* sabuk karet konveyor dapat diatur menjadi 12 rpm atau setara dengan kecepatan translasi sabuk karet konveyor 6,4 m/menit, 16 rpm atau setara dengan kecepatan translasi sabuk karet konveyor 8,5 m/menit dan 25 rpm atau setara dengan kecepatan translasi sabuk karet konveyor 13,4 m/menit dengan mekanisme penggantian/perbandingan diameter *pulley*. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Sebagai kontrol dilakukan proses klasifikasi biji kopi Robusta secara manual penuh dengan

Tabel 1. Matriks penandaan perlakuan sortasi

Table 1. Sign matrix for several sortation treatments

Masa bahan per satuan luas, kg/m ² <i>Beans weight per road area, kg/m²</i>	Kecepatan putar <i>pulley</i> sabuk karet konveyor, rpm <i>Speed of belt conveyor, rpm</i>		
	12	16	25
0.35	A ₁	B ₁	C ₁
1.5	A ₂	B ₂	C ₂
2.5	A ₃	B ₃	C ₃
3	A ₄	B ₄	C ₄

menggunakan meja sortasi yang terbuat dari kayu. Tabel 1 menunjukkan matriks penandaan perlakuan sortasi atau klasifikasi biji kopi Robusta. Jumlah pekerja yang melakukan sortasi biji kopi secara manual dengan menggunakan meja sortasi maupun mesin sortasi tipe meja konveyor masing-masing sebanyak 2 orang.

Pengukuran

Parameter yang diukur meliputi kecepatan putar sabuk karet konveyor, massa biji kopi Robusta per satuan luas, waktu sortasi, berat bahan yang diumpangkan, dan berat bahan yang diperoleh pada corong 1 dan corong 2.

Tolok ukur

Tolok ukur dalam penentuan kondisi optimal pengoperasian mesin sortasi tipe meja konveyor adalah peningkatan mutu yang dihasilkan berdasarkan kriteria penilaian dari Standar Nasional Indonesia yang berlaku yaitu SNI Kopi nomor : 01-2907-2004 (BSN, 2004).

Analisis Teknis

1. Kapasitas kerja dengan menggunakan mesin sortasi

Kapasitas kerja (K_m) menggunakan mesin sortasi tipe meja konveyor ditentukan dengan persamaan 1.

$$K_m, \text{ kg/jam} = \frac{\text{Berat bahan yang diumpangkan, kg} \\ \text{Beans weight, kg}}{\text{Waktu sortasi, jam (Time, h)}} \dots\dots\dots 1$$

2. Hasil sortasi

Hasil proses sortasi terdiri dari persentase produk 1 (PP_1), yaitu bahan yang keluar pada corong 1 dan persentase produk 2 (PP_2) yaitu bahan yang keluar dari corong 2. PP_1 dan PP_2 masing-masing ditentukan dengan persamaan 2 dan 3.

$$PP_1, \% = \frac{\text{Berat bahan dari corong 1, kg} \\ \text{Material weight from outlet 1, kg}}{\text{Berat bahan yang diumpangkan, kg} \\ \text{Total weight, kg}} \times 100\% \dots\dots\dots 2$$

$$PP_2, \% = \frac{\text{Berat bahan dari corong 2, kg} \\ \text{Material weight from outlet 2, kg}}{\text{Berat bahan yang diumpangkan, kg} \\ \text{Total weight, kg}} \times 100\% \dots\dots\dots 3$$

3. Fraksi bahan dari corong 1

Produk sortasi biji kopi Robusta yang diperoleh dari corong 1 berupa biji kopi robusta hasil sortasi (BR) yang tercampur biji kopi cacat dan benda asing (BC) yang masing-masing dihitung dengan menggunakan persamaan 4 dan 5.

$$BR\% = \frac{\text{Berat biji utuh dari corong 1, kg} \\ \text{Undefect beans from outlet 1, kg}}{\text{Berat bahan dari corong 1, kg} \\ \text{Total weight from outlet 1, kg}} \times 100\% \dots\dots\dots 4$$

$$BC\% = \frac{\text{Berat biji cacat dan benda lain} \\ \text{dari corong 1, kg} \\ \text{Defect beans from outlet 1, kg}}{\text{Berat bahan dari corong 1, kg} \\ \text{Total weight from outlet 1, kg}} \times 100\% \dots\dots\dots 5$$

4. Fraksi bahan dari corong 2

Produk sortasi biji kopi Robusta yang diperoleh dari corong 2 terdiri biji kopi cacat dan kotoran/benda asing lain (BKC) yang dihitung dengan menggunakan persamaan 6.

$$BC\% = \frac{\text{Berat biji cacat dan benda lain} \\ \text{dari corong 2, kg} \\ \text{Defect beans from outlet 2, kg}}{\text{Berat bahan dari corong 2, kg} \\ \text{Total weight from outlet 2, kg}} \times 100\% \dots\dots\dots 6$$

5. Peningkatan mutu fisik berdasarkan SNI Kopi 2004

Analisis peningkatan mutu fisik yang dihasilkan berdasarkan kriteria penilaian dari Standar Nasional Indonesia yang berlaku yaitu SNI Kopi nomor : 01-2907-2004 (BSN, 2004).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas Kerja Sortasi Manual

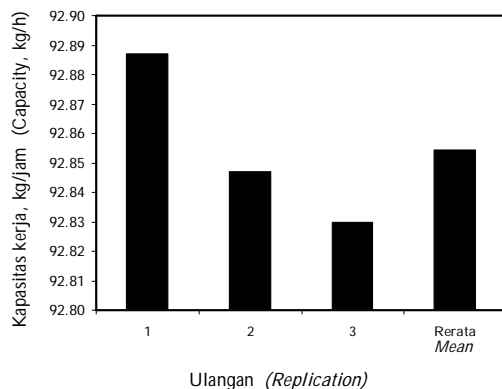
Kapasitas kerja sortasi manual dengan menggunakan meja yang terbuat dari kayu dilakukan sebanyak tiga kali ulangan pada hari yang sama. Gambar 3 menunjukkan bahwa kapasitas kerja sortasi manual untuk memilah biji kopi berdasarkan cacat fisik (*defect system*) berkisar antara 92,83 – 92,89 kg/jam atau rata-rata 92,86 kg/jam.

Kegiatan sortasi yang dilakukan pada pagi hari (ulangan ke-1) ternyata memberikan

hasil yang lebih banyak dibandingkan kegiatan sortasi yang dilakukan pada siang (ulangan ke-2) atau sore hari (ulangan ke-3). Hal ini menunjukkan bahwa daya tahan dan konsentrasi pekerja akan semakin menurun dengan berjalannya waktu. Daya tahan dan konsentrasi yang semakin rendah selain mengakibatkan produktivitas kerja menurun juga dapat mengurangi kemampuan pekerja dalam menekan jumlah nilai cacat di dalam biji kopi yang dihasilkan. Jika diasumsikan pekerja dapat bekerja selama 8 jam dalam satu hari, maka dengan kapasitas kerja 92,86 kg/jam akan diperoleh rata-rata produktivitas kerja sortasi manual sebesar 743,10 kg/hari orang kerja.

Nilai Cacat Biji Kopi Sebelum dan Sesudah Sortasi Manual

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kopi Robusta hasil pengolahan kering dari Kebun Percobaan Sumber Asin



Gambar 3. Kapasitas kerja sortasi manual dengan menggunakan meja yang terbuat dari kayu.

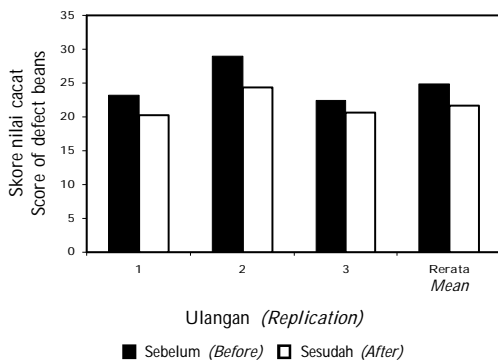
Figure 3. Capacity of manual sortation by wooden table.

di Malang, Jawa Timur dengan kadar air yang relatif seragam yaitu 10% basis basah. Untuk mengetahui keefektifan mesin sortasi, terlebih dahulu dilakukan tahapan sortasi biji kopi secara manual yang berfungsi sebagai kontrol agar diketahui nilai cacat awal bahan. Nilai cacat biji kopi sebelum dan sesudah dilakukan proses sortasi secara manual dengan menggunakan meja sortasi terbuat dari kayu ditampilkan pada Gambar 4.

Hasil analisis nilai cacat berdasarkan *defect system* menunjukkan bahwa nilai cacat biji kopi robusta sebelum dikenakan proses sortasi berkisar antara 22–29, sedangkan setelah proses sortasi biji kopi memiliki nilai cacat antara 20–24. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan sortasi manual dengan menggunakan meja sortasi yang terbuat dari kayu hanya dapat menurunkan nilai cacat antara 2 sampai dengan 5 dengan rata-rata produktivitas kerja sebesar 743,10 kg/hari orang kerja. Jika ditinjau dari aspek produktivitas, kegiatan sortasi manual tersebut memberikan nilai yang cukup baik, namun masih memberikan prestasi penurunan nilai cacat yang sangat rendah.

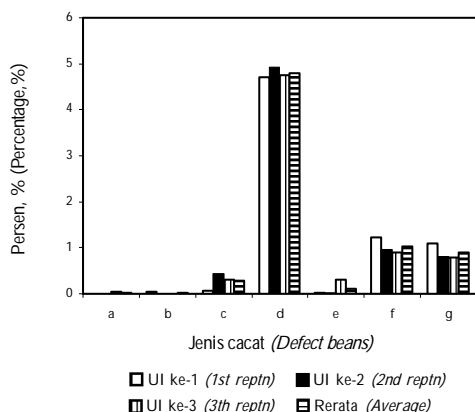
Persentase Jenis Cacat Biji Kopi Terikut Biji Utuh Hasil Sortasi Manual

Keefektifan sortasi biji kopi secara manual sangat ditentukan oleh persentase jenis cacat biji kopi yang terikut pada kumpulan biji kopi hasil sortasi. Kapasitas kerja yang tinggi tidak menjamin akan memberikan produk sortasi yang terbaik. Gambar 5 menunjukkan persentase jenis cacat biji kopi yang terikut pada kumpulan biji kopi hasil sortasi manual. Gambar



Gambar 4. Nilai cacat biji kopi sebelum dan sesudah sortasi yang dilakukan secara manual dengan menggunakan meja sortasi terbuat dari kayu.

Figure 4. Score of defect beans, before and after manual sortation by wooden table.



Keterangan (Notes) : a. = biji hitam (black beans), b. = biji hitam sebagian (partial black beans), c. = biji cokelat (brown beans), d. = biji pecah (broken beans), e. = kulit ukuran kecil (small husk), f. = biji berlubang satu (1 hole), dan g. = biji berlubang lebih dari satu (more than 1 hole), UI = ulangan (Replication).

Gambar 5. Persentase jenis cacat biji kopi yang terikut di dalam biji utuh hasil sortasi manual.

Figure 5. Percentage of defect beans which carried into undefect beans from manual sortation by wooden table.

tersebut menunjukkan bahwa persentase jenis cacat biji kopi terbesar berupa biji pecah, yaitu 4,8% dari total berat hasil sortasi, diikuti oleh jenis cacat biji berlubang satu sebesar 1,03%, biji berlubang lebih dari satu sebesar 0,89%, dan biji cokelat sebesar 0,27%.

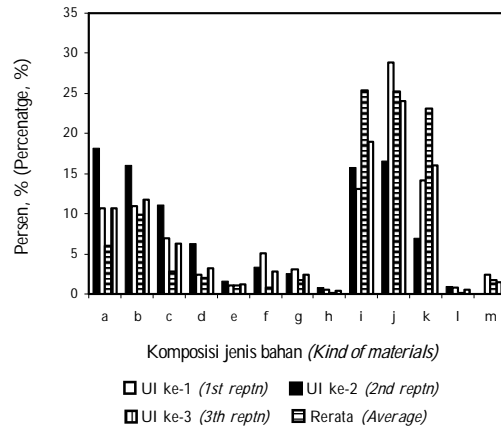
Persentase Hasil di Dalam Biji Cacat dan Benda Asing Hasil Sortasi Manual

Gambar 6 menunjukkan persentase jenis bahan di dalam biji cacat hasil sortasi manual dengan menggunakan meja sortasi terbuat dari kayu. Hasil pemilahan menunjukkan bahwa bahan baku memiliki nilai cacat tertinggi berupa biji berlubang satu, yaitu sebesar 24% dari berat total biji cacat dan benda asing, dan diikuti oleh biji pecah sebesar 19%, biji berlubang lebih dari 1 sebesar 16%, dan biji hitam sebesar 12%.

Gambar 5 menunjukkan bahwa 0,014% dari total hasil sortasi berupa biji hitam sebagian, 0,018% berupa biji hitam dan 0,275% berupa biji cokelat. Hal ini menunjukkan bahwa pekerja sortasi lebih mudah membedakan dan memilah biji kopi hitam, hitam sebagian, dan biji cokelat dari biji kopi utuh jika dibandingkan dengan memilah biji pecah dari biji kopi utuh.

Kapasitas Kerja Dengan Menggunakan Mesin Sortasi

Kapasitas kerja sortasi manual dengan menggunakan mesin sortasi sangat ditentukan oleh kecepatan putar sabuk karet konveyor (rpm), dan massa bahan per satuan luas (kg/m^2). Gambar 7 menunjukkan bahwa pada kecepatan putar sabuk karet konveyor yang



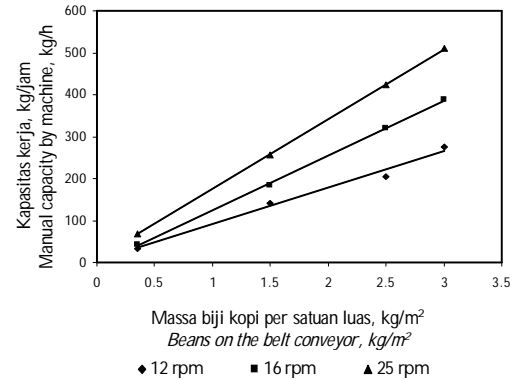
Keterangan (Notes) : a. = biji utuh (undefect beans), b. = biji hitam (black beans), c. = biji hitam sebagian (partial black beans), d. = biji hitam pecah (broken-black beans), e. = kopi gelondong (dried coffee cherries), f. = biji berkulit tanduk (parchment coffee), g. = biji cokelat (brown beans), h. = kulit ukuran besar (large parchment), i. = biji pecah (broken beans), j. = biji berlubang satu (1 hole), k. = biji berlubang lebih dari satu (more than 1 hole), l. = kulit ukuran kecil (small parchment), dan m. = benda asing (foreign materials).

Gambar 6. Persentase jenis bahan di dalam biji cacat hasil sortasi manual dengan meja sortasi.

Figure 6. Percentage of materials which carried into defect beans from manual sortation by wooden table.

sama, dengan semakin banyaknya massa bahan per satuan luas maka kapasitas kerja sortasi manual dengan menggunakan mesin sortasi akan semakin tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada perlakuan massa bahan per satuan luas 0,35 kg/m², diperoleh kapasitas kerja sortasi untuk kecepatan putar sabuk karet konveyor 12, 16 dan 25 rpm masing-masing sebesar 34 kg/jam, 42 kg/jam, dan 69 kg/jam. Nilai tersebut masih jauh di bawah kapasitas kerja sortasi manual yang diperoleh dengan



Gambar 7. Kapasitas kerja sortasi dengan menggunakan mesin sortasi tipe sabuk konveyor.

Figure 7. Capacity of manual sortation by a table conveyor type grading machine.

menggunakan meja sortasi sebesar 92,86 kg/jam. Pada perlakuan massa bahan per satuan luas 1,5 kg/m², diperoleh kapasitas kerja sortasi untuk kecepatan putar sabuk karet konveyor 12, 16 dan 25 rpm masing-masing sebesar 142 kg/jam, 184 kg/jam dan 256 kg/jam. Walaupun diperoleh nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kapasitas kerja sortasi manual dengan menggunakan meja sortasi, kapasitas kerja sortasi yang tinggi dengan menggunakan mesin tidak menjamin akan memberikan produk sortasi yang terbaik.

Tabel 2 menunjukkan persamaan garis regresi linier hubungan antara masa bahan per satuan luas terhadap kapasitas kerja sortasi manual yang dihasilkan dengan menggunakan mesin sortasi. Prediksi kapasitas kerja yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan regresi tersebut menunjukkan bahwa untuk memperoleh efisiensi minimum kinerja mesin maka pada kecepatan putar sabuk karet konveyor 12 rpm

sebaiknya menggunakan perlakuan massa bahan per satuan luas lebih besar dari 2 kg/m² dengan kapasitas kerja yang diperoleh sebesar 178 kg/jam. Sementara itu pada kecepatan putar 16 rpm dan 25 rpm masing-masing menggunakan perlakuan massa bahan per satuan luas lebih besar dari 1,4 kg/m² dan 1 kg/m² dengan kapasitas kerja yang dihasilkan masing-masing sebesar 176 kg/jam dan 175 kg/jam. Jika mesin beroperasi pada perlakuan massa bahan per satuan luas lebih kecil dari tersebut di atas, maka kegiatan sortasi akan berjalan tidak efisien disebabkan kapasitas kerja yang dihasilkan masih lebih rendah dari kapasitas kerja sortasi manual yang dilakukan dengan menggunakan meja sortasi yang terbuat dari kayu. Persamaan regresi garis lurus sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2 berlaku pada kisaran 0,35 kg/m² sampai dengan 3 kg/m².

Penurunan Nilai Cacat Biji Selama Sortasi

Sortasi biji kopi secara manual dengan menggunakan bantuan mesin untuk setiap perlakuan dilakukan 6 kali pengulangan atau *regrading*. Gambar 8, 9 dan 10 menunjukkan penurunan nilai cacat masing-masing pada perlakuan kecepatan putar *pulley* konveyor 12 rpm, 16 rpm, dan 25 rpm. Secara umum menunjukkan bahwa pengulangan sortasi akan meningkatkan mutu biji kopi yang dihasilkan karena akan semakin banyak biji kopi cacat yang dapat dipisahkan dari biji kopi sehat.

Pada kecepatan putar *pulley* konveyor yang sama, dengan semakin rendah massa

bahan per satuan luas maka penurunan nilai cacat dapat dilakukan dengan semakin cepat. Hal ini ditunjukkan pada massa bahan per satuan luas 0,35 kg/m² dan 3 kg/m² yakni pada pengulangan sortasi ke-6 masing-masing diperoleh penurunan nilai cacat sebesar 21 dan 12. Hal ini dapat terjadi karena dengan kerapatan bahan per satuan luas yang rendah, maka konsentrasi dan kemampuan pekerja dalam memilah dan memisahkan biji cacat akan semakin baik dengan konsekuensi kapasitas kerja sortasi akan semakin rendah. Rendahnya kapasitas kerja disebabkan karena pada kecepatan putar *pulley* konveyor yang rendah, maka kemampuan mesin dalam memindahkan bahan menjadi sangat rendah.

Pada kerapatan bahan per satuan luas yang sama, dengan semakin cepat putaran *pulley* konveyor, maka kemampuan pekerja dalam menurunkan nilai cacat akan semakin rendah. Hal ini terlihat pada kerapatan massa bahan 0,35/kg m² yaitu pada perlakuan kecepatan putar 12 rpm, 16 rpm dan 25 rpm masing-masing memberikan penurunan nilai cacat sebesar 21, 20 dan 17. Hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin cepat putaran *pulley* konveyor, maka tingkat kelelahan indera netra pekerja sortasi akan semakin tinggi sehingga konsentrasi dan kemampuan pekerja dalam memilah dan memisahkan biji cacat akan semakin rendah. Jika dibandingkan dengan kegiatan sortasi manual yang menggunakan meja sortasi terbuat dari kayu hanya dapat menurunkan nilai cacat antara 2 sampai dengan 5, maka penggunaan mesin akan mempercepat penurunan nilai cacat biji hasil sortasi sehingga menghasilkan biji kopi dengan kelas mutu berdasarkan *defect system* yang lebih tinggi.

Tabel 2. Persamaan regresi linier kapasitas kerja dari beberapa perlakuan kecepatan putar *pulley* sabuk karet konveyor dan massa bahan per satuan luas

Table 2. *Linier regression equations of manual sortation capacity by a table conveyor type grading machine with rotation speed conveyor and weight material treatments*

Kecepatan putar <i>pulley</i> sabuk karet konveyor, rpm <i>Rotation speed of pulley conveyor, rpm</i>	Persamaan garis linier regresi <i>Regression linie equations</i>	Koefisien korelasi, R^2 <i>Coef correlation, R^2</i>
12	$Y = 86.743X + 4.6332$	0.9867
16	$Y = 130.87X - 6.7714$	0.9993
25	$Y = 165.99X + 9.6524$	0.9999

Keterangan (*Notes*): X adalah massa bahan per satuan luas (kg/m^2);
Y adalah kapasitas kerja mesin (kg/jam).
X is beans weight per broad area (kg/m^2);
Y is manual sortation capacity by machine (kg/h).

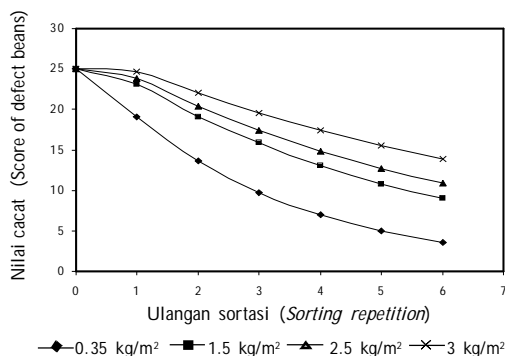
Distribusi Hasil Sortasi dari Corong 1

Penentuan persentase jenis cacat biji kopi terikut biji utuh hasil sortasi (dari corong 1) sangat penting untuk menentukan keefektifan kegiatan sortasi yang telah dilakukan. Gambar 11, 12 dan 13 menunjukkan bahwa persentase jenis cacat terikut biji utuh terbesar adalah berupa biji pecah. Pada perlakuan kecepatan putar *pulley* konveyor 12 rpm dan kerapatan masa bahan per satuan luas $0,35 \text{ kg/m}^2$ diperoleh persentase biji pecah sebesar 0,6%, sedangkan pada perlakuan kecepatan 16 rpm dan 25 rpm masing-masing diperoleh biji pecah sebesar 2% dan 3%. Untuk perlakuan kecepatan putar *pulley* konveyor 12 rpm dan kerapatan massa bahan per satuan luas $1,5 \text{ kg/m}^2$ diperoleh persentase biji pecah sebesar 2,1%, sedangkan pada perlakuan kecepatan 16 rpm, dan 25 rpm masing-masing diperoleh biji

pecah sebesar 3,7% dan 4,6%. Untuk perlakuan kecepatan putar *pulley* konveyor 12 rpm dan kerapatan masa bahan per satuan luas $2,5 \text{ kg/m}^2$ diperoleh persentase biji pecah sebesar 4,4%, sedangkan pada perlakuan kecepatan 16 rpm dan 25 rpm masing-masing diperoleh biji pecah sebesar 3,7% dan 4,9%. Untuk perlakuan kecepatan putar *pulley* konveyor 12 rpm dan kerapatan massa bahan per satuan luas 3 kg/m^2 diperoleh persentase biji pecah sebesar 6,5%, sedangkan pada perlakuan kecepatan 16 rpm, dan 25 rpm masing-masing diperoleh biji pecah sebesar 4,2% dan 5,2%.

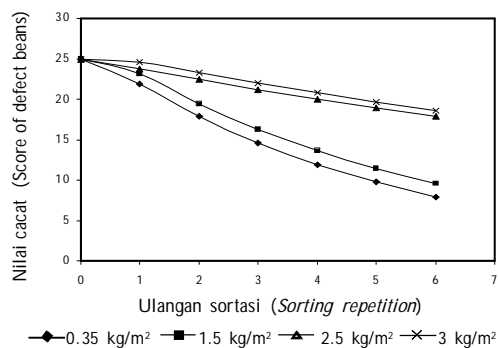
Jika dibandingkan dengan hasil sortasi manual dengan menggunakan meja sortasi yang diperoleh persentase cacat biji kopi terbesar berupa biji pecah, yaitu 4,8% dari total berat hasil sortasi, ternyata perlakuan kecepatan putar sabuk karet konveyor 16 rpm dengan kerapatan massa bahan per satuan luas 3 kg/m^2 memberikan hasil yang lebih baik yaitu diperoleh 4,2% berupa biji pecah.

Dari ketiga perlakuan nyata jenis biji cacat lain yang persentasenya masih cukup besar adalah biji cokelat, biji berlubang satu, dan biji berlubang lebih dari satu. Hasil analisis nilai cacat menunjukkan bahwa pada masing-masing perlakuan kecepatan putar diperoleh persentase biji cokelat, biji berlubang 1 dan biji berlubang lebih dari satu masih lebih kecil dari 1%. Jika dibandingkan dengan hasil sortasi manual dengan meja sortasi yang diperoleh persentase biji berlubang satu sebesar 1,03%, biji berlubang lebih dari satu sebesar 0,89% dan biji cokelat sebesar 0,27%, maka prestasi kerja pekerja sortasi dengan menggunakan mesin ternyata tidak menyebabkan peningkatan



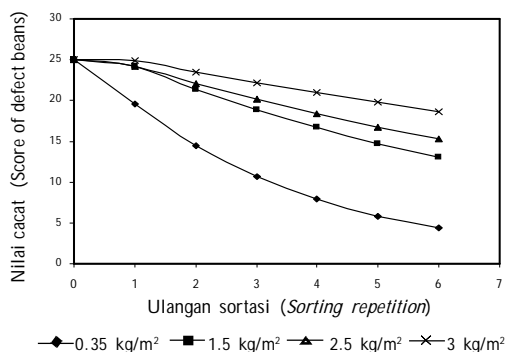
Gambar 8. Penurunan nilai cacat pada perlakuan kecepatan putar *pulley* konveyor 12 rpm.

Figure 8. Decreasing of defect beans score by 12 rpm rotation speed *pulley* conveyor treatment.



Gambar 10. Penurunan nilai cacat pada perlakuan kecepatan putar *pulley* konveyor 25 rpm.

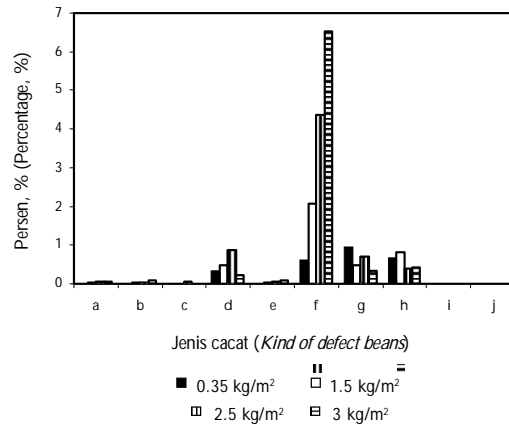
Figure 10. Decreasing of defect beans score by 25 rpm rotation speed *pulley* conveyor treatment.



Gambar 9. Penurunan nilai cacat pada perlakuan kecepatan putar *pulley* konveyor 16 rpm.

Figure 9. Decreasing of defect beans score by 16 rpm rotation speed *pulley* conveyor treatment.

yang cukup signifikan dari persentase biji cacat yang terikut biji utuh. Hasil pemisahan cacat biji kopi terendah dari ketiga perlakuan tersebut di atas adalah pada kecepatan putar 12 rpm dan kerapatan massa bahan per satuan luas 3 kg/m² yaitu diperoleh persentase biji cokelat, biji berlubang satu dan biji berlubang lebih dari satu masing-masing sebesar 0,21%, 0,34% dan 0,42%. Sedangkan pada perlakuan kecepatan putar sabuk karet konveyor 16 rpm dengan kerapatan massa bahan per satuan luas 3 kg/m² memberikan persentase biji cokelat, biji berlubang satu, dan biji berlubang lebih dari satu masing-masing 0,26%; 0,68% dan 0,61%. Hasil tersebut masih lebih baik jika dibandingkan dengan persentase cacat biji dari sortasi manual dengan meja sortasi.



Keterangan (Notes) : a. = biji hitam (*black beans*), b. = biji hitam sebagian (*partial black beans*), c. = kopi gelondong (*dried coffee cherries*), d. = biji cokelat (*brown beans*), e. = kulit ukuran kecil (*small parchment*), f. = biji pecah (*broken beans*), g. = biji berlubang satu (*1 hole*), h. = biji berlubang lebih dari satu (*more than 1 hole*), i. = kulit ukuran besar (*large parchment*), dan j. = benda asing (*foreign materials*).

Gambar 11. Persentase jenis cacat biji kopi dari corong 1 pada kecepatan putar *pulley* konveyor 12 rpm.

Figure 11. Percentage of defect beans from outlet 1 with 12 rpm rotation speed of *pulley* conveyor.

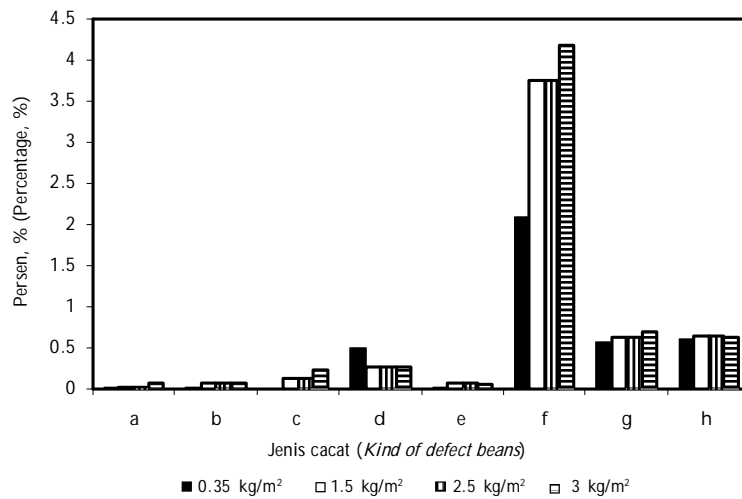
Distribusi Hasil Sortasi dari Corong 2

Persentase cacat biji dari corong 2 ternyata didominasi oleh cacat jenis biji pecah, biji hitam, biji cokelat, biji berlubang satu dan biji berlubang lebih dari satu. Hasil pemisahan cacat biji kopi tertinggi dari ketiga perlakuan tersebut di atas adalah pada kecepatan putar 16 rpm dan kerapatan massa bahan per satuan luas 0,35 kg/m² yaitu diperoleh persentase biji pecah, biji cokelat, biji hitam, biji berlubang satu, dan biji berlubang lebih dari satu masing-masing

sebesar 63,16%; 6,98%; 4,46%; 4,92% dan 3,67%. Menurut BSN (2004), nilai cacat biji pecah, biji cokelat, biji hitam, biji berlubang satu, dan biji berlubang lebih dari satu masing-masing sebesar 1/5, 1/4, 1, 1/10 dan 1/5. Hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin besar jenis cacat biji tersebut terpisah dari biji kopi utuh dan sehat maka kopi akan memiliki mutu yang semakin baik.

Pada perlakuan kecepatan putar sabuk karet konveyor 16 rpm dengan kerapatan massa bahan per satuan luas 3 kg/m², memberikan persentase biji pecah, biji cokelat, biji hitam, biji berlubang satu, dan biji berlubang lebih dari satu masing-masing 1,23%; 7,19%; 4,47% dan

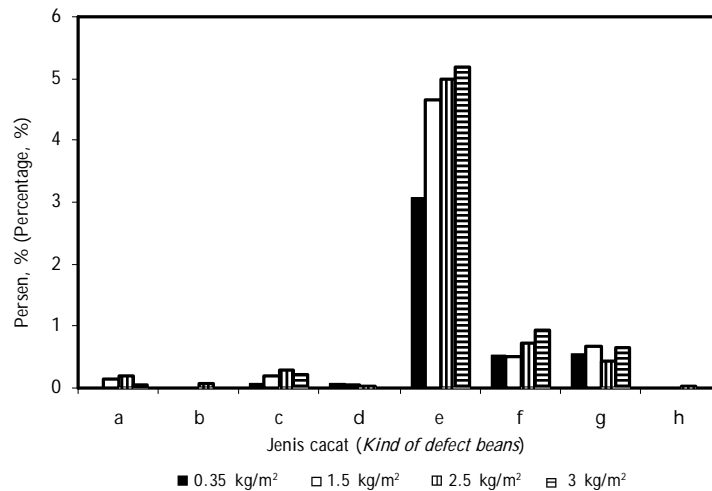
4,43%. Hasil sortasi manual dengan menggunakan meja sortasi memberikan distribusi persentase biji pecah, biji cokelat, biji hitam, biji berlubang satu dan biji berlubang lebih dari satu masing-masing sebesar 19%; 2,36%; 11,79%; 24,06% dan 16,07%. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemilahan cacat biji dengan bantuan mesin masih lebih baik jika dibandingkan dengan pemilahan cacat biji dengan meja sortasi. Kopi dikonsumsi bukan sebagai sumber nutrisi melainkan sebagai penyegar. Oleh karena itu, biji kopi dianggap bernilai ekonomis jika dapat memberikan kepada konsumen rasa senang dan kepuasan dari *flavour* dan aroma yang dihasilkan (Davids, 1996). Dengan demikian, dengan semakin besar cacat biji kopi yang dapat dipisahkan dari biji kopi sehat maka akan diperoleh seduhan kopi dengan *flavour* dan aroma yang semakin baik.



Keterangan (Notes) : a. = biji hitam (*black beans*), b. = biji hitam sebagian (*partial black beans*), c. = biji berkulit tanduk (*parchment coffee*), d. = biji coklat (*brown beans*), e. = kulit ukuran kecil (*small parchment*), f. = biji pecah (*broken beans*), g. = biji berlubang satu (*1 hole*), dan h = biji berlubang lebih dari satu (*more than 1 hole*).

Gambar 12. Persentase jenis cacat biji kopi dari corong 1 pada kecepatan putar *pulley* konveyor 16 rpm.

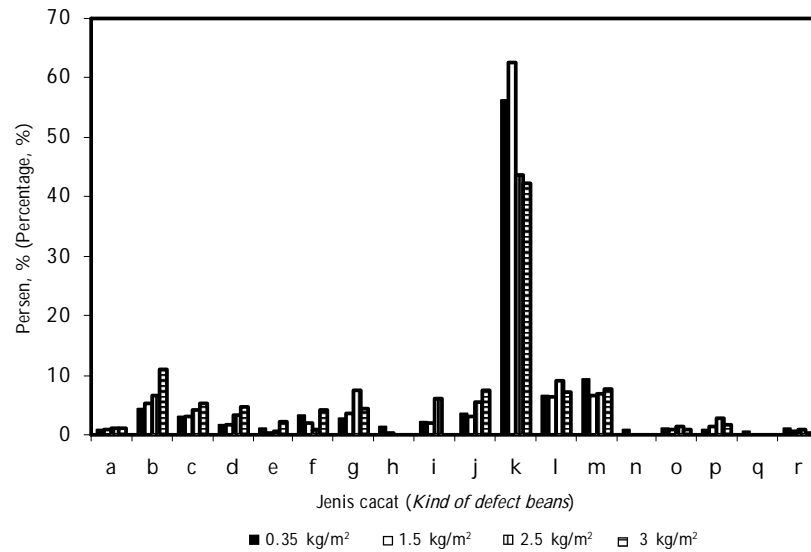
Figure 12. Percentage of defect beans from outlet 1 with 16 rpm rotation speed of *pulley* conveyor.



Keterangan (Notes) : a. = biji hitam sebagian (*partial black beans*), b. = kopi gelondong (*dried coffee cherries*), c. = biji coklat (*brown beans*), d. = kulit ukuran kecil (*small parchment*), e. = biji pecah (*broken beans*), f. = biji berlubang satu (*1 hole*), g. = biji berlubang lebih dari satu (*more than 1 hole*), dan h = kulit ukuran besar (*large parchment*).

Gambar 13. Persentase jenis cacat biji kopi dari corong 1 pada kecepatan putar *pulley* konveyor 25 rpm.

Figure 13. Percentage of defect beans from outlet 1 with 25 rpm rotation speed of *pulley* conveyor.



Keterangan (Notes) : a. = biji utuh (*undefect beans*), b. = biji hitam (*black beans*), c. = biji hitam sebagian (*partial black beans*), d. = biji hitam pecah (*broken beans*), e. = kopi gelondong, *dried coffee cherries*), f. (= biji berkulit tanduk, *parchment coffee*), g. = biji cokelat (*brown beans*), h = kulit ukuran besar (*large parchment*), i = kulit ukuran sedang (*medium parchment*), j = kulit ukuran kecil (*small parchment*), k = biji pecah (*broken beans*), satu = biji berlubang satu (*1 hole*), m = biji berlubang lebih dari satu (*more than 1 hole*), n = kulit tanduk ukuran besar (*large silver skin*), o = kulit tanduk ukuran sedang (*medium silver skin*), p = kulit tanduk ukuran kecil (*small silver skin*), q = benda asing berukuran sedang (*medium foreign materials*), dan r = benda asing berukuran kecil (*small foreign materials*).

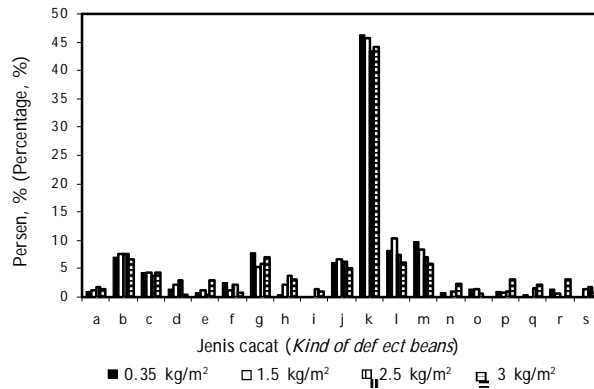
Gambar 14. Persentase jenis cacat biji kopi dari corong 2 pada kecepatan putar *pulley* konveyor 12 rpm.

Figure 14. Percentage of defect beans from outlet 2 with 12 rpm rotation speed of *pulley* conveyor.

Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi awal dilakukan berdasarkan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian mesin sortasi pada skala terbatas di laboratorium dan bengkel pengolahan kopi dan kakao, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Bahan baku yang digunakan adalah kopi Robusta berkadar air 10% basis basah. Kapasitas kerja mesin sortasi pada kondisi optimum yaitu kecepatan putar sabuk karet konveyor 16 rpm dan

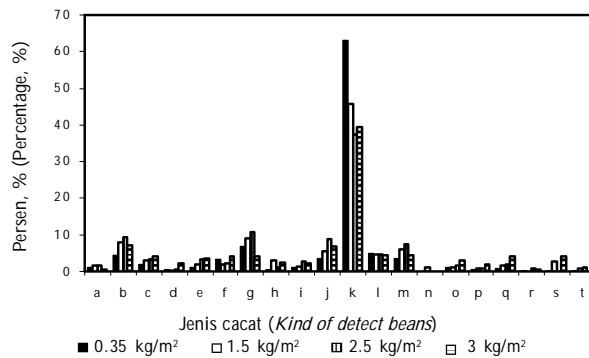
kepadatan massa bahan per satuan luas 3 kg/m² sebesar 390 kg/jam. Lama jam kerja per hari adalah 8 jam, upah tenaga kerja sebesar Rp30.000,-/hari. Jika diasumsikan mesin memiliki umur ekonomis selama 10 tahun maka diperoleh nilai depresiasi harga mesin menjadi Rp6.850,-. Beban biaya energi listrik dan perawatan mesin masing-masing diasumsikan sebesar Rp10.000,-/hari, dan Rp15.000,-/hari. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa biaya sortasi kopi Robusta sebesar Rp20,-/kg.



Keterangan (Notes) : a. = biji utuh (*undefect beans*), b. = biji hitam (*black beans*), c. = biji hitam sebagian (*partial black beans*), d. = biji hitam pecah (*broken-lack beans*), e. = kopi gelondong (*dried coffee cherries*), f. = biji berkulit tanduk (*parchment coffee*), g. = biji cokelat (*brown beans*), h. = kulit ukuran besar (*large parchment*), i. = kulit ukuran sedang (*medium parchment*), j. = kulit ukuran kecil (*small parchment*), k. = biji pecah (*broken beans*), l. = biji berlubang satu (*1 hole*), m. = biji berlubang lebih dari satu (*more than 1 hole*), n. = kulit tanduk ukuran besar (*large silver skin*), o. = kulit tanduk ukuran sedang (*medium silver skin*), p. = kulit tanduk ukuran kecil (*small silver skin*), q. = benda asing berukuran besar (*large foreign materials*), r. = benda asing berukuran sedang (*medium foreign materials*), dan s. = benda asing berukuran kecil (*small foreign materials*).

Gambar 15. Persentase jenis cacat biji kopi dari corong 2 pada kecepatan putar *pulley* konveyor 16 rpm.

Figure 15. Percentage of defect beans from outlet 2 with 16 rpm rotation speed of *pulley* conveyor.



Keterangan (Notes) : a. = biji utuh (*undefect beans*), b. = biji hitam (*black beans*), c. = biji hitam sebagian (*partial black beans*), d. = biji hitam pecah (*broken-black beans*), e. = kopi gelondong (*dried coffee cherries*), f. = biji berkulit tanduk (*parchment coffee*), g. = biji cokelat (*brown beans*), h. = (husk ukuran besar (*large parchment*), i. = husk ukuran sedang (*medium parchment*), j. = husk ukuran kecil (*small parchment*), k. = biji pecah (*broken beans*), l. = biji berlubang satu (*1 hole*), m. = biji berlubang lebih dari 1 (*more than 1 hole*), n. = biji bertutul-tutul (*dot-marked beans*), o. = kulit tanduk ukuran besar (*large silver skin*), p. = kulit tanduk ukuran sedang (*medium silver skin*), q. = kulit tanduk ukuran kecil (*small silver skin*), r. = benda asing berukuran besar (*large foreign materials*), s. = benda asing berukuran sedang (*medium foreign materials*), dan t. = benda asing berukuran kecil (*small foreign materials*).

Gambar 16. Persentase jenis cacat biji kopi dari corong 2 pada kecepatan putar *pulley* konveyor 25 rpm.

Figure 16. Percentage of defect beans from outlet 2 with 25 rpm rotation speed of *pulley* conveyor.

KESIMPULAN

Dari penelitian kinerja mesin sortasi biji kopi tipe meja konveyor ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kondisi optimum operasional diperoleh pada kecepatan putar sabuk karet konveyor 16 rpm, dan kerapatan massa bahan per satuan luas 3 kg/m² dengan kapasitas kerja 390 kg/jam.
2. Produktivitas kerja sortasi manual meningkat dari 743 kg/hari orang kerja menjadi 1.870 kg/hari orang kerja.
3. Persentase hasil sortasi yang diperoleh dari corong 1 pada kondisi operasional tersebut adalah biji pecah, biji cokelat, biji berlubang satu, dan biji berlubang lebih dari satu masing-masing 4,2%; 0,26%; 0,68%; dan 0,61%.
4. Persentase hasil sortasi yang diperoleh dari corong 2 adalah biji pecah, biji cokelat, biji hitam, biji berlubang satu, dan biji berlubang lebih dari satu masing-masing sebesar 39,54%; 4,23%; 7,19%; 4,47% dan 4,43%.
5. Hasil analisis ekonomi awal menunjukkan bahwa biaya yang dibutuhkan untuk kegiatan sortasi sebesar Rp20,- per kilogram kopi Robusta.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sdri. Dewi Angraeni, mahasiswi Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember atas segala bantuan yang telah diberikan sampai dengan selesainya kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akamine, E.K.; H. Kitagawa; H. Subramanyam & P.G. Long (1975). Packinghouse operations. p. 267–282. In: E.R.B. Pantastico (Ed.). *Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables*. The AVI Publ. Co., Westport.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *Standard Nasional Indonesia, Revisi 1999, Biji Kopi. SNI 01-2907-2004*. Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Henderson, S.M. & R.L. Perry (1976). *Agricultural Process Engineering*. The AVI Publ. Connecticut, USA.
- Ismayadi, C. (1998). Pencegahan cacat cita rasa dan kontaminasi jamur mikotoksigenik pada biji kopi. *Simposium Kopi 1998*, 188–203.
- Sri Mulato; Yusianto; T. Wahyudi & Soedarsono (1985). *Rancangan Pabrik Pengolahan Biji Kakao*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember.
- Sri-Mulato (2002). Perancangan dan pengujian mesin sangrai biji kopi tipe silinder. *Pelita Perkebunan*, 18, 31–45.
- Widyotomo, S. ; Sri Mulato; O. Atmawinata, & Yusianto (1998). Kinerja mesin sortasi biji kakao tipe silinder tunggal berputar. *Pelita Perkebunan*, 14, 197–210.
- Yahmadi, M. (1998). Beberapa catatan tentang perkembangan mutu kopi ekspor Indonesia 1983–1998. *Simposium Kopi 1998*, 167–187
- Yusianto (1999). Komposisi kimia biji kopi dan pengaruhnya terhadap cita rasa seduhan. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 15, 190–202.

Yusianto & Sri-Mulato (2002). Pengolahan dan komposisi kimia biji kopi: Pengaruhnya terhadap cita rasa seduhan. *Materi Pelatihan Uji Cita Rasa Kopi*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember.
